

Potensi Tiga Jenis Khamir dalam Mengendalikan Penyakit Bercak Cokelat (*Alternaria solani* Sorr.) pada Tomat

Sri Hartati^{1*}, Noor Istifadah¹, Salwa Rohmatul Aoliya², Rika Meliansyah¹, dan Tri Mayanti³

¹Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

²Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

³Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran

Jl. Ir. Sukarno KM 21, Jatinangor, Indonesia 45363

*Alamat korespondensi: s.hartati@unpad.ac.id

INFO ARTIKEL	ABSTRACT/ABSTRAK
Diterima: 17-04-2024	Potential of Three Yeast Isolates to Inhibit Early Blight Disease (<i>Alternaria solani</i> Sorr) on Tomato
Direvisi: 26-07-2024	
Dipublikasi: 11-08-2024	
Keywords: <i>Aureobasidium pullulans</i> , Biocontrol agents, <i>Candida tropicalis</i> , Fungicide, <i>Rhodotorula minuta</i>	Early blight caused by <i>Alternaria solani</i> Sorr. is a major disease on tomato plants, which may cause up to 86% production loss. One of the control methods for this disease involves biocontrol agents, such as yeasts. The objectives of the study were to examine the potential of three yeast species in inhibiting <i>A. solani</i> in vitro, as well as controlling early blight disease on tomato plants and fruit. The experiments were conducted at the Plant Protection Biotechnology Laboratory and Greenhouse, Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran. The in vitro experiment was arranged in the Completely Randomized Design, while the in vivo experiment in the Randomized Block Design. The treatments in in vitro experiment were dual culture of the pathogen vs the yeasts i.e. <i>Aureobasidium pullulans</i> Dmg 11 DEP, <i>Candida tropicalis</i> Lm 13 BE, <i>Rhodotorula minuta</i> Dmg 16 BEP, and a control. The in vivo experiment had the same treatments with the addition of fungicide (chlorothalonil 75%), and the yeast suspensions were applied by spraying on tomato plants and dipping tomato fruit. The results showed that the three yeast species tested can inhibit the in vitro growth of <i>A. solani</i> ranging from 13.67% to 40.56%. The disease suppression test indicated that the yeasts suppressed early blight disease ranging from 47.62% to 75.29% on tomato plants and 49.86% to 62.18% on tomato fruit. Among the yeast species tested, <i>A. pullulans</i> Dmg 11 DEP was the most effective strain in inhibiting <i>A. solani</i> growth and caused the highest disease suppression on tomato plants and fruit.
Kata Kunci: Agens biokontrol, <i>Aureobasidium pullulans</i> , <i>Candida tropicalis</i> , Fungisida, <i>Rhodotorula minuta</i>	Penyakit bercak cokelat yang disebabkan oleh <i>Alternaria solani</i> Sorr. merupakan salah satu penyakit penting pada tanaman tomat yang dapat menyebabkan kehilangan hasil hingga 86%. Salah satu pengendalian yang dapat dilakukan untuk penyakit tersebut yaitu dengan agens biokontrol berupa khamir. Penelitian ini bertujuan untuk menguji potensi tiga spesies khamir dalam menghambat pertumbuhan <i>A. solani</i> secara <i>in vitro</i> dan menekan penyakit bercak cokelat pada tanaman serta buah tomat. Percobaan dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Proteksi Tanaman dan Rumah Kaca Kebun Ciparanje, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. Percobaan <i>in vitro</i> menggunakan Rancangan Acak Lengkap, sedangkan percobaan <i>in vivo</i> menggunakan Rancangan Acak Kelompok. Perlakuan pada pengujian <i>in vitro</i> dan <i>in vivo</i> berupa spesies khamir, terdiri dari <i>Aureobasidium pullulans</i> Dmg

11 DEP, *Candida tropicalis* Lm 13 BE, *Rhodotorula minuta* Dmg 16 BEP, fungisida berbahan aktif klorotalonil 75% (untuk pengujian *in vivo*), dan kontrol. Pengujian *in vitro* dilaksanakan dengan metode *dual culture* antara patogen *A. solani* versus khamir antagonis. Pengujian *in vivo* dilakukan dengan penyemprotan pada tanaman dan pencelupan buah tomat dalam suspensi sel khamir. Hasil percobaan *in vitro* menunjukkan bahwa khamir yang diuji dapat menghambat pertumbuhan koloni *A. solani* sebesar 23,67 % – 40,56%. Uji penekanan penyakit secara *in vivo* menunjukkan bahwa khamir yang diuji dapat menekan penyakit bercak cokelat sebesar 47,62% – 75,29% pada tanaman tomat dan 49,86% – 62,18% pada buah tomat. Khamir *A. pullulans* memberikan penekanan tertinggi, baik terhadap pertumbuhan koloni *A. solani* maupun terhadap penyakit bercak cokelat pada tanaman dan buah tomat.

PENDAHULUAN

Tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang penting dan banyak dibudidayakan di dataran rendah hingga dataran tinggi. Buah tomat mengandung berbagai vitamin di antaranya vitamin A, C, dan E serta mengandung asam folat, potassium, karotenoid (likopen, β -karoten, pro-vitamin A) dan polifenol (Junnaeni dkk., 2019). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2023 diketahui bahwa produktivitas tanaman tomat di Indonesia pada tahun 2022 sebesar 18,44 ton/ha. Produktivitas tomat tersebut lebih rendah dibandingkan tahun 2021 yaitu sebesar 18,91 ton/ha (BPS, 2022). Turunnya produktivitas tanaman tomat dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti adanya serangan patogen yang menyebabkan penyakit.

Salah satu penyakit penting pada tanaman tomat yaitu bercak cokelat yang disebabkan oleh *Alternaria solani* Sorr (Chioderoli *et al.*, 2010; Dhaval *et al.*, 2021). Jamur *A. solani* menyebabkan penyakit nekrotrofik pada tomat yang menimbulkan kerusakan parah pada jaringan daun (Jones & Perez, 2023). Patogen ini dapat menyerang pada bagian batang, daun, dan buah, menimbulkan bercak dengan lingkaran kuning dan gejala seperti cincin konsentris (Dhaval *et al.*, 2021). Kehilangan hasil yang disebabkan oleh patogen ini di beberapa negara seperti Amerika Serikat, Australia, Inggris dan India dilaporkan mencapai 79% (Gulzar *et al.*, 2018; Dhaval *et al.*, 2021). Kehilangan hasil akibat adanya bercak cokelat pada tanaman tomat di Indonesia dapat mencapai 86% (Kalay dkk., 2015).

Pengendalian penyakit bercak cokelat yang sering dilakukan adalah menggunakan fungisida sintetik. Penggunaan fungisida sintetik secara terus menerus akan menimbulkan berbagai dampak negatif

baik terhadap manusia maupun lingkungan (Dwiastuti *et al.*, 2021; Hendriadi *et al.*, 2021; Zhou *et al.*, 2015). Mempertimbangkan berbagai dampak negatif dari penggunaan fungisida sintetik tersebut, maka perlu dicari alternatif pengendalian yang ramah lingkungan. Salah satu pengendalian ramah lingkungan adalah dengan memanfaatkan agens biokontrol seperti khamir.

Khamir merupakan mikroorganisme uniseluler yang memiliki bioekologi adaptif pada permukaan tanaman dan mampu bertahan pada lingkungan yang ekstrim seperti kekeringan, paparan sinar matahari dan miskin nutrisi (El-Tarabily & Sivasithamparan, 2006; Freimoser *et al.*, 2019). Khamir mampu menghasilkan beberapa mekanisme biokontrol yaitu kompetisi ruang dan nutrisi (*Metschnikowia reukaufii* mampu berkompetensi dengan *Candida racensis*) (Dhami *et al.*, 2016), antibiosis dengan menghasilkan enzim, toksin, dan senyawa volatil (*Aureobasidium pullulans* terhadap *Penicillium expansum*, *Botrytis cinerea*, *Monilinia fructicola* dan *Alternaria alternata*) (Banani *et al.*, 2014), *Candida sake* terhadap *P. expansum* dan *B. cinerea* (Arrarte *et al.*, 2017), dan *Rhodotorula glutinis* terhadap *B. cinerea* (Li *et al.*, 2016), mikoparasitisme (*Pseudozyma aphidis* terhadap *B. cinerea*) (Calderon *et al.*, 2019), dan induksi resistensi (*Saccharomyces cerevisiae* ketika diaplikasikan pada tanaman anggur untuk mengendalikan *Plasmopara viticola*) (De Miccolis *et al.*, 2019).

Khamir *Aureobasidium pullulans* Dmg 11 DEP, *Candida tropicalis* Lm 13 BE dan *Rhodotorula minuta* Dmg 16 BEP yang diperoleh dari daun dan buah cabai telah dilaporkan mampu menekan beberapa penyakit pra-panen (Fahriani & Wiyono, 2018; Hartati dkk., 2019) dan pascapanen (Lestari dkk., 2020; Hartati dkk., 2022; Nasahi dkk., 2023). Akan tetapi, potensi khamir *A. pullulans* Dmg 11

DEP, *C. tropicalis* Lm 13 BE, dan *R. minuta* Dmg 16 BEP dalam menghambat jamur *A. solani* dan menekan penyakit bercak cokelat pada tomat belum diketahui. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah menguji potensi ketiga khamir tersebut dalam menghambat pertumbuhan *A. solani* dan sekaligus menekan penyakit bercak cokelat pada tanaman dan buah tomat.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu Percobaan

Percobaan dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi Proteksi Tanaman, Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, dan rumah kaca Kebun Ciparanje, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. Penelitian dimulai pada bulan Januari sampai Mei 2022.

Rancangan Percobaan dan Perlakuan

Percobaan dilakukan menggunakan metode percobaan dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) untuk pengujian kemampuan khamir dalam menghambat pertumbuhan *A. solani* secara *in vitro* dan *in vivo* pada buah tomat. Pengujian kemampuan khamir dalam menekan penyakit bercak cokelat yang disebabkan oleh *A. solani* pada tanaman tomat dilakukan dengan menggunakan percobaan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Percobaan *in vitro* terdiri dari empat perlakuan yaitu khamir *A. pullulans* Dmg 11 DEP, *C. tropicalis* Lm 13 BE, *R. minuta* Dmg 16 BEP, dan kontrol (tanpa khamir dengan inokulasi patogen). Percobaan *in vivo* terdiri dari lima perlakuan yaitu khamir *A. pullulans* Dmg 11 DEP, *C. tropicalis* Lm 13 BE, *R. minuta* Dmg 16 BEP, fungisida sintetik berbahan aktif klorotalonil 75%, dan kontrol (tanpa khamir dengan inokulasi patogen). Masing-masing perlakuan baik *in vitro* maupun *in vivo* diulang sebanyak lima kali ulangan. Masing-masing ulangan pada uji *in vivo* menggunakan tiga tanaman tomat, sedangkan perlakuan pada buah tomat menggunakan dua buah pada masing-masing perlakuan.

Uji Patogenisitas Isolat *A. solani*

Isolat *A. solani* yang digunakan merupakan koleksi Laboratorium Fitopatologi, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. Isolat *A. solani* tersebut diisolasi dari daun tomat yang bergejala bercak cokelat. Sebelum digunakan dalam pengujian, isolat *A. solani* diuji patogenisitasnya untuk

memastikan bahwa jamur tersebut bersifat patogenik pada tanaman tomat. Uji patogenisitas dilakukan dengan menempelkan potongan biakan *A. solani* umur 7 hari pada daun tanaman tomat berumur 5 minggu setelah tanam yang telah dilukai menggunakan jarum steril. Potongan biakan *A. solani* berdiameter 0,5 cm tersebut ditempelkan dengan selotip dan plastik wrap. Potongan biakan *A. solani* dilepas setelah terdapat gejala bercak pada bagian daun yang diinokulasi (Istifadah dkk., 2020).

Perbanyakan dan Persiapan Suspensi Khamir

Pembuatan suspensi khamir dilakukan dengan memanen khamir pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA) berumur 5 hari menggunakan batang L yang sebelumnya telah ditambahkan 10 ml akuades steril. Kerapatan sel khamir yang digunakan adalah 10^8 sel/ml. Kerapatan sel khamir tersebut diperoleh dengan melakukan pengenceran berseri pada larutan gula (0,8%) yang sudah dibuat. Hasil pemanenan sel khamir selanjutnya dihitung menggunakan hemasitometer.

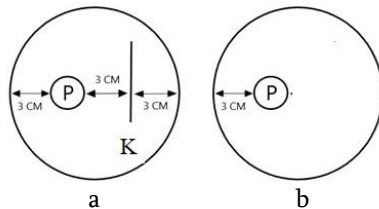
Persiapan Tanam

Persiapan tanam dimulai dengan menyemai benih tomat pada media semai yang terdiri dari tanah yang sudah dipasteurisasi dan arang sekam dengan perbandingan 4:1. Bibit tomat berumur dua minggu dipindahtanam ke dalam polibag berisi 2 kg media tanam. Media tanam terdiri dari tanah dan arang sekam dengan perbandingan 1:4 yang telah dipasteurisasi (dikukus selama 4 jam). Pemupukan dilakukan pada 2 minggu setelah tanam (MST) dengan melarutkan pupuk urea 5 g dengan 1 l air. Selanjutnya, pupuk tersebut disiramkan sebanyak 20 ml/polibag pada tanaman tomat. Pemupukan dilakukan hanya satu kali selama percobaan.

Uji Kemampuan Khamir dalam Menghambat Pertumbuhan *A. solani* secara *In Vitro*

Khamir *A. pullulans* Dmg 11 DEP, *C. tropicalis* Lm 13 BE, dan *R. minuta* Dmg 16 BEP diuji kemampuannya dalam menghambat pertumbuhan jamur *A. solani* menggunakan metode *dual culture*. Khamir berumur lima hari digoreskan tegak lurus sepanjang 3 cm pada permukaan media PDA dalam cawan Petri berdiameter 9 cm dengan jarak ± 3 cm dari tepi cawan Petri. Selanjutnya, potongan koloni *A. solani* berdiameter 0,5 cm diletakkan pada permukaan media PDA dalam cawan Petri yang sama berdampingan dengan khamir dengan jarak ± 3 cm dari tepi cawan Petri (Gambar 1a). Sebagai kontrol,

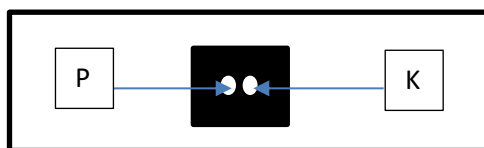
potongan koloni *A. solani* diletakkan pada permukaan media PDA dengan jarak ± 3 cm dari tepi cawan Petri tanpa khamir (Gambar 1b). Biakan uji selanjutnya diinkubasi pada suhu 28 °C hingga *A. solani* pada perlakuan kontrol tumbuh memenuhi cawan Petri (Adhi & Suganda, 2020).



Gambar 1. Skema uji penghambatan pertumbuhan *A. solani* (a) Perlakuan (P: patogen K: khamir), (b) Kontrol

Uji Pengaruh Khamir terhadap Hifa *A. solani*

Uji pengaruh khamir terhadap hifa *A. solani* mengacu pada metode yang dijelaskan oleh Maknunah & Sinaga (2018). Pengujian tersebut dilakukan pada media *water agar* (WA) yang dipotong berukuran 1 cm x 1 cm kemudian diletakkan di atas kaca objek. Koloni *A. solani* dan khamir diambil sedikit menggunakan ose lalu diletakkan di atas blok media WA pada kaca obyek steril dengan posisi berhadapan. Selanjutnya, media WA yang telah berisi *A. solani* dan khamir ditutup menggunakan kaca penutup dan diinkubasi selama 7 hari (Gambar 2).



Gambar 2. Skema uji pengaruh khamir (K) terhadap hifa patogen *A. solani* (P)

Uji Kemampuan Khamir dalam Menekan Penyakit Bercak Cokelat pada Tanaman dan Buah Tomat

Pengujian dilakukan dengan menyemprotkan suspensi khamir sebanyak 10 ml/tanaman dengan kerapatan sel 10^8 sel/ml yang telah ditambahkan Tween 80 (0,5 ml/l) pada permukaan atas dan bawah daun tanaman tomat yang berumur 6 MST. Inokulasi patogen dilakukan dua jam setelah perlakuan penyemprotan suspensi khamir, dengan cara menempelkan potongan biakan *A. solani* berumur 7 hari berdiameter 0,5 cm dengan bantuan selotip pada daun. Daun yang diinokulasi yaitu daun paling ujung dari daun majemuk tanaman tomat yang sudah diberi

perlakuan. Inokulasi patogen dilakukan pada bagian daun yang telah dilukai dengan ujung jarum steril, selanjutnya daun yang telah diinokulasi ditutup menggunakan plastik wrap (Istifadah dkk., 2020).

Pengujian pada buah tomat mengacu pada Istifadah dkk. (2020). Pengujian pada buah tomat dilakukan dengan cara mencelupkan tomat pada suspensi khamir selama dua menit. Inokulasi patogen dilakukan setelah 24 jam perlakuan pencelupan khamir dengan menempelkan biakan *A. solani* (diameter 0,5 cm) dengan bantuan selotip pada buah tomat yang telah dilukai dengan ujung jarum yang telah disterilkan. Pada setiap buah tomat, terdapat dua titik inokulasi. Setelah itu, buah-buah tomat tersebut disimpan pada wadah plastik berukuran 20 cm x 20 cm x 10,5 cm pada suhu ruang (28 °C) selama tujuh hari. Selotip dan inokulum *A. solani* diangkat lima hari setelah inokulasi. Pengamatan dilakukan pada hari ke-7 setelah inokulasi.

Variabel Pengamatan dan Analisis Data

Variabel yang diamati pada uji *in vitro* adalah diameter koloni jamur *A. solani*, sedangkan pada uji *in vivo* pada buah tomat adalah luas gejala bercak cokelat yang diamati pada tujuh hari setelah inokulasi (HSI). Kemampuan penghambatan khamir terhadap *A. solani* baik pada uji *in vitro* maupun pada uji *in vivo* pada buah tomat dihitung menggunakan rumus (Gothandapani *et al.*, 2014):

$$THR = \frac{dk - dp}{dk} \times 100\%$$

Dimana:

THR= tingkat hambatan relatif; dk= diameter *A. solani* pada kontrol; dan dp= diameter *A. solani* pada perlakuan dengan khamir.

Pengamatan pada uji pengaruh khamir terhadap hifa *A. solani* dilakukan di bawah mikroskop cahaya dengan melihat apakah terdapat kerusakan hifa atau malformasi akibat khamir. Pengamatan dilakukan pada 4-6 hari setelah inkubasi. Variabel yang diamati pada uji *in vivo* pada tanaman tomat adalah luas gejala bercak cokelat menggunakan kertas milimeter blok dan plastik mika. Variabel tersebut diamati dua hari sekali sampai daun pada tanaman kontrol kering (Istifadah dkk., 2020). Data yang diperoleh digunakan untuk menghitung luas area di bawah kurva (*Area Under Disease Progress Curve*, AUDPC) menggunakan rumus sebagai berikut (Campbell & Madden, 1990):

$$AUDPC = \sum_i^{n-1} \frac{Y_{i+1} + Y_i}{2} [t_{i+1} - t_i]$$

Dimana:

Y_i = Luas gejala bercak pada saat i ; Y_{i+1} = Luas gejala bercak pada saat $i+1$; t_i = Beda waktu antar pengamatan; t_{i+1} = Waktu pengamatan saat $i+1$.

Hasil AUDPC yang didapat selanjutnya digunakan untuk menghitung penghambatan dari setiap perlakuan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$= \frac{\text{Persentase penghambatan}}{\text{AUDPC Kontrol} - \text{AUDPC Perlakuan}} \times 100\%$$

Data yang diperoleh diuji normalitasnya, selanjutnya dianalisis menggunakan analisis ragam (Anova) menggunakan program SPSS versi 26.0. Apabila terdapat pengaruh dari perlakuan maka dilakukan uji lanjut Duncan pada taraf nyata 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kemampuan Khamir dalam Menghambat Pertumbuhan *A. solani* secara *In Vitro*

Hasil uji kemampuan khamir dalam menghambat *A. solani* dengan metode *dual culture* menunjukkan bahwa ketiga khamir dapat menghambat pertumbuhan jamur *A. solani* (Tabel 1, Gambar 4). Ketiga khamir yang diuji mampu menekan pertumbuhan *A. solani* dengan tingkat hambatan relatif berkisar antara 23,67% – 40,56% (Tabel 1). Hasil percobaan menunjukkan adanya perbedaan secara nyata antara perlakuan khamir dengan kontrol terhadap pertumbuhan koloni *A. solani*. Seluruh khamir yang diuji menyebabkan pertumbuhan koloni *A. solani* pada 1 HSI sampai 10 HSI terhambat dibandingkan kontrol (Gambar 3). Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan pengaruh khamir *Aureobasidium*, *Candida*, dan *Rhodotorula* dalam menghambat pertumbuhan koloni dan perkecambahan konidia patogen. Pinto *et al.* (2018) melaporkan bahwa *A. pullulans* strain Fito_F278 mampu menghambat pertumbuhan miselium *Diplodia seriata* secara *in vitro* sebesar 33,41%. Sementara itu, Tongsri *et al.* (2022) melaporkan bahwa *Candida* sp. dilaporkan mampu menghambat pertumbuhan koloni *Colletotrichum gloeosporioides* sebesar 82,7%. Fahriani & Wiyono (2018) juga melaporkan bahwa khamir *A. pullulans*, *R. minuta* dan *C. tropicalis* dapat menghambat perkecambahan konidia *Cercospora* sp. berturut-turut sebesar 89,96%; 88,82% dan 84,42%.

Terjadinya hambatan pertumbuhan koloni *A. solani* diduga disebabkan oleh mekanisme antibiosis yang dihasilkan khamir. Beberapa hasil penelitian melaporkan bahwa khamir yang termasuk dalam genus *Aureobasidium*, *Candida*, dan *Rhodotorula* dapat menghasilkan enzim, toksin, dan senyawa volatil yang berperan sebagai antijamur (Prasongsuk *et al.*, 2018; Cai *et al.*, 2023; Di Francesco *et al.*, 2020). Enzim, toksin, dan senyawa volatil tersebut berperan dalam mekanisme antibiosis sehingga dapat menyebabkan pertumbuhan patogen menjadi terhambat (Diaz *et al.*, 2020). Beberapa spesies khamir seperti *C. tropicalis*, *A. pullulans*, serta spesies *R. minuta* dilaporkan mampu menghasilkan enzim litik (Ferraz *et al.*, 2016; Urbina *et al.*, 2016; Pinto *et al.*, 2018; Podgórska-Kryszczuk, 2023).

Tabel 1. Diameter koloni *A. solani* dan tingkat hambatan relatif pada uji kemampuan khamir dalam menghambat *A. solani* dengan metode *dual culture* pada 10 HSI

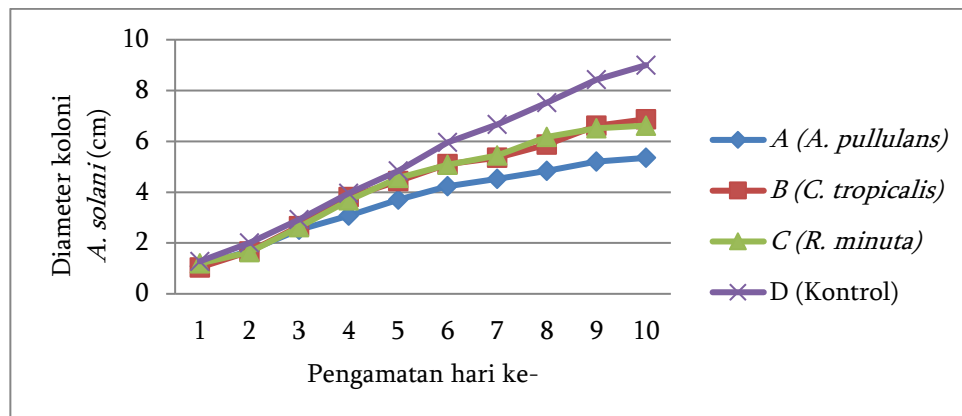
Perlakuan	Diameter koloni <i>A. solani</i> (cm)	Tingkat Hambatan Relatif (%)
<i>A. pullulans</i> Dmg 11 DEP	5,35 a	40,56
<i>C. tropicalis</i> Lm 13 BE	6,87 b	23,67
<i>R. minuta</i> Dmg 16 BEP	6,62 b	26,44
Kontrol	9,00 c	-

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama dalam satu kolom tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan pada taraf 5%.

Di antara ketiga khamir yang diuji, *A. pullulans* memberikan penekanan terhadap pertumbuhan *A. solani* yang paling tinggi dibandingkan dua khamir lainnya (Tabel 1). Khamir *A. pullulans* telah dilaporkan memiliki kemampuan yang tinggi sebagai agens biokontrol yang disebabkan oleh produksi enzim kitinase, glucanase, dan protease, serta toksin (Freimoser *et al.*, 2019; Di Francesco *et al.*, 2020). Pinto *et al.* (2018) melaporkan bahwa khamir *A. pullulans* strain Fito_F278 dapat menghasilkan enzim hidrolitik seperti amilase, selulase, lipase pektinase dan proteinase.

Penelitian lain juga menunjukkan bahwa *A. pullulans* PP4 dan *A. pullulans* ZD1 menghasilkan enzim litik kitinase dan β -1,3-glukanase (Podgórska-Kryszczuk, 2023). Khamir *A. pullulans* juga dilaporkan menghasilkan senyawa volatil yang bersifat antijamur seperti etanol, 2-metil-1-propanol, 3-metil-1-butanol, dan 2-feniletanol (Don *et al.*,

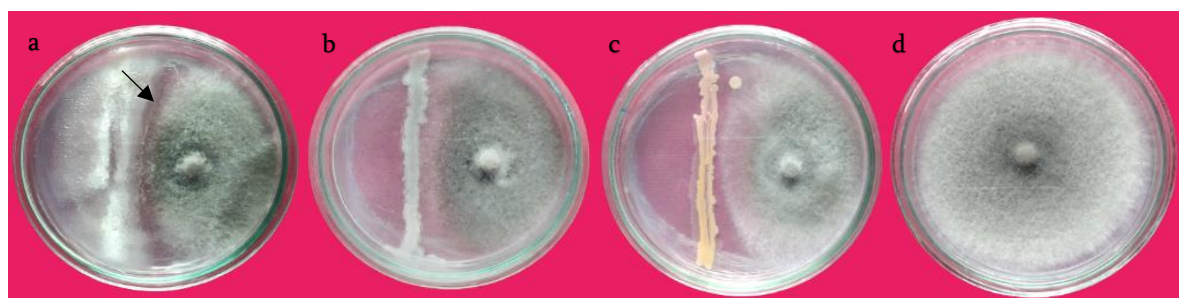
2021). Agirman & Erten (2020) melaporkan bahwa pertumbuhan koloni *Penicillium expansum* sebesar 83,4% secara *in vitro*. khamir *A. pullulans* dapat menghambat



Gambar 3. Pertumbuhan diameter koloni *A. solani* dengan perlakuan khamir berdasarkan uji *in vitro* dengan metode *dual culture*.

Hasil uji *in vitro* dengan *dual culture* juga menunjukkan terbentuknya zona hambat antara koloni khamir yang diuji dengan koloni *A. solani* (Gambar 4). Zona hambat yang terbentuk diduga disebabkan oleh adanya toksin, enzim, atau senyawa volatil yang dihasilkan oleh khamir yang diuji. Pembentukan zona hambat terlihat pada perlakuan *A. pullulans* Dmg 11 DEP (Gambar 4a). Hal ini

menunjukkan adanya enzim, toksin, dan senyawa volatil yang dihasilkan oleh spesies khamir ini, seperti yang dijelaskan dalam beberapa penelitian sebelumnya (Di Francesco *et al.*, 2015; Don *et al.*, 2021; Freimoser *et al.* 2019; Di Francesco *et al.*, 2020). Pinto *et al.* (2018) melaporkan bahwa khamir *A. pullulans* menghasilkan zona hambat pada uji *in vitro* antara khamir tersebut dengan *D. seriata*.



Gambar 4. Pertumbuhan koloni *A. solani* dengan perlakuan khamir menggunakan metode *dual culture* pada 10 HSP (a) perlakuan *A. pullulans* Dmg 11 DEP, (b) perlakuan *C. tropicalis* Lm 13 BE, (c) perlakuan *R. minuta* Dmg 16 BEP, (d) kontrol (tanda panah menunjukkan zona hambat)

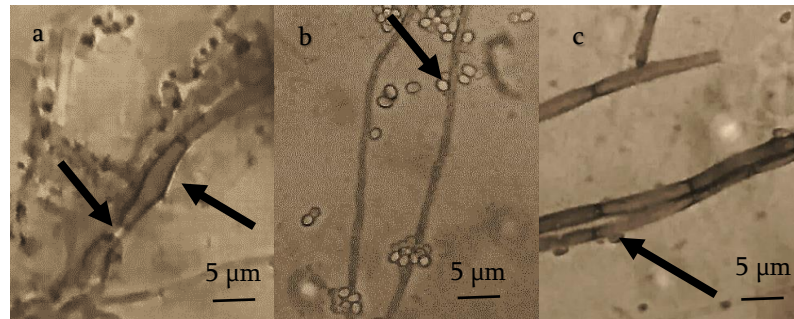
Pengaruh Khamir terhadap Hifa *A. solani*

Hasil pengamatan secara mikroskopis pada uji pengaruh khamir terhadap hifa *A. solani* menunjukkan bahwa ketiga khamir mampu melakukan adhesi terhadap hifa *A. solani*. Khamir *A. pullulans* Dmg 11 DEP menyebabkan lisis dan pembengkakan pada hifa *A. solani* (Gambar 5a). Khamir *C. tropicalis* Lm 13 BE dan *R. minuta* Dmg 16 BEP mampu menempel dan melisis hifa *A. solani* (Gambar 5b dan c). Menempelnya khamir pada hifa *A. solani* menyebabkan daerah permukaan hifa jamur yang berperan dalam menyerap nutrisi menjadi

berkurang (Janisiewicz & Korsten, 2002). Selain itu, enzim, toksin, serta senyawa volatil yang diduga dihasilkan oleh khamir yang diuji dapat menyebabkan kerusakan atau abnormalitas hifa *A. solani*. Diaz *et al.* (2020) melaporkan bahwa *killer toxin* mampu melisis dinding sel hifa jamur sehingga pertumbuhannya terhambat. Menurut Tahir *et al.* (2017) senyawa volatil mampu mengubah permeabilitas membran sel jamur patogen melalui peroksidasi lipid membran. Peroksidasi lipid pada membran sel berkaitan dengan disintegrasi membran dan kebocoran elektrolit (Tahir *et al.*, 2017).

Penelitian Agirman & Erten (2020) melaporkan bahwa *A. pullulans* menghasilkan enzim β -1,3-glukanase, kitinase dan protease yang berperan penting untuk mendegradasi dan menyebabkan lisis pada dinding sel patogen. Selain itu, khamir *Rhodotorula* sp. dilaporkan dapat menyebabkan

kerusakan hifa dan lisisnya dinding sel *Colletotrichum acutatum* (Indratmi, 2018). Hal ini sejalan dengan hasil uji antagonisme dengan metode *dual culture* yang menunjukkan bahwa pertumbuhan koloni jamur *A. solani* menjadi terhambat dengan perlakuan khamir uji.

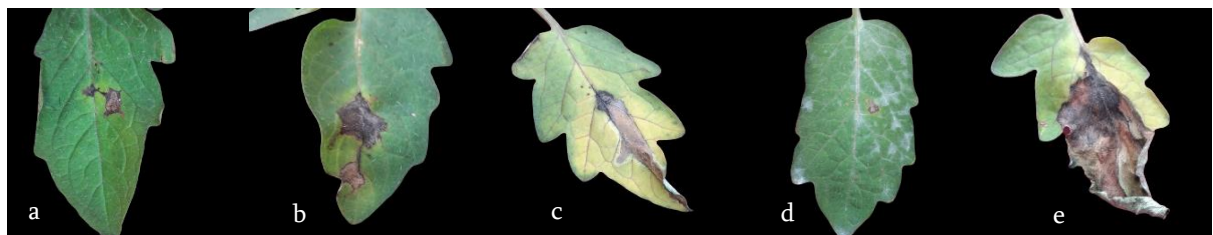


Gambar 5. Kondisi hifa jamur *A. solani* pada perlakuan khamir, tanda panah pada gambar menunjukkan (a) lisis dan membengkak, (b) penempelan khamir, (c) penempelan khamir dan lisis (Perbesaran 400x)

Kemampuan Khamir dalam Menekan Penyakit Bercak Cokelat pada Tanaman dan Buah Tomat

Hasil pengamatan uji *in vivo* menunjukkan bahwa gejala penyakit bercak cokelat terlihat pada hari keempat setelah inokulasi (HSI) baik pada daun kontrol maupun daun yang diberi perlakuan. Gejala pada daun berupa bercak cokelat kehitaman

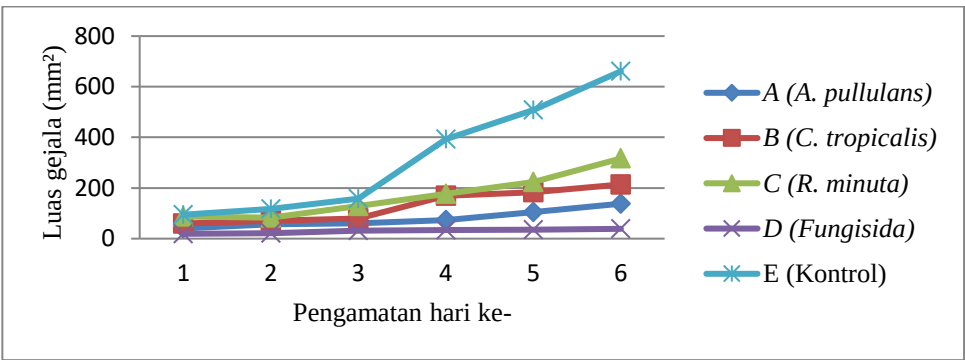
(nekrosis) disertai perubahan warna daun di sekitar bercak menjadi kekuningan (klorosis) (Gambar 6). Bercak pada daun yang diberi perlakuan khamir tampak lebih kecil dibandingkan daun kontrol pada 7 HSI. Luas bercak paling kecil tampak pada perlakuan dengan fungisida (Gambar 6d).



Gambar 6. Gejala bercak cokelat pada tanaman tomat pada 7 HSI di berbagai perlakuan (a) *A. pullulans* Dmg 11 DEP, (b) *C. tropicalis* Lm 13 BE, (c) *R. minuta* Dmg 16 BEP, (d) fungisida, dan (e) kontrol.

Hasil percobaan pada tanaman tomat menunjukkan bahwa ketiga khamir berpotensi dalam menekan penyakit bercak cokelat. Berdasarkan hasil analisis statistik diketahui bahwa perlakuan khamir yang diuji berpengaruh nyata terhadap perkembangan penyakit bercak cokelat. Perkembangan gejala bercak cokelat pada perlakuan khamir lebih lambat dibandingkan dengan kontrol (Gambar 7). Ketiga khamir yang diuji mampu menekan penyakit bercak cokelat pada tanaman tomat dengan penekanan penyakit berkisar antara 47,62% – 75,29% (Tabel 4). Beberapa penelitian sebelumnya melaporkan bahwa khamir

Aureobasidium, *Candida*, dan *Rhodotorula* mampu menekan beberapa penyakit tanaman. Fahrani & Wiyono (2018) melaporkan bahwa khamir *A. pullulans*, *R. minuta* dan *C. tropicalis* dapat menghambat lebar bercak daun *Cercospora* pada tanaman anggrek berturut-turut sebesar 60,3%; 76,3% dan 75,7%. Penelitian Indratmi (2018) melaporkan bahwa *Rhodotorula* spp. dapat menghambat intensitas penyakit antraknosa pada tanaman cabai hingga 97,71%. Khamir *Candida* sp. juga dilaporkan mampu menekan penyakit busuk pangkal buah pisang yang disebabkan oleh *C. gloeosporioides* sebesar 35,9% (Tongsri *et al.*, 2022).



Gambar 7. Perkembangan luas gejala bercak cokelat pada tanaman tomat dengan perlakuan khamir.

Tabel 4. Nilai AUDPC dan persentase penekanan penyakit bercak cokelat oleh khamir pada tanaman tomat

Perlakuan	AUDPC	Penekanan Penyakit (%)
<i>Aureobasidium pullulans</i> Dmg 11 DEP	1152,30 a	75,29
<i>Candida tropicalis</i> Lm 13 BE	1918,35 ab	58,86
<i>Rhodotorula minuta</i> Dmg 16 BEP	2442,15 ab	47,62
Fungisida	452,40 a	90,30
Kontrol	4662,60 b	-

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama dalam satu kolom tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan pada taraf 5%.

Seperti halnya pada uji *in vitro*, khamir *A. pullulans* Dmg 11 DEP pada uji *in vivo* juga menghasilkan persentase penekanan tertinggi terhadap penyakit bercak cokelat dibandingkan dua spesies khamir lainnya yaitu sebesar 75,29% (Tabel 4). Khamir *A. pullulans* dilaporkan dapat menghasilkan beberapa senyawa metabolit yang memiliki aktivitas antagonisme terhadap jamur dan bakteri, selain enzim dan senyawa volatil. Beberapa senyawa metabolit yang dihasilkan oleh *A. pullulans* tersebut adalah aureobasidins, liamocins, asam 2-propylacrylic, asam 2-methylenesuccinic (Prasongsuk *et al.*, 2018; Freimoser *et al.*, 2019). Selain mekanisme antibiosis, *A. pullulans* juga memiliki mekanisme kompetisi ruang dan nutrisi yang sangat baik. Hal ini didukung oleh kemampuannya dalam menghasilkan melanin dan *extracellular polysaccharide* (EPS) (Zheng *et al.*, 2008).

Hasil pengamatan pada buah tomat menunjukkan bahwa gejala penyakit bercak cokelat mulai terlihat pada hari kelima setelah inokulasi (HSI) baik pada kontrol maupun perlakuan khamir. Gejala pada buah tomat berupa bercak berwarna cokelat hingga kehitaman berbentuk bulat dan cekung (Gambar 8). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa diameter gejala bercak cokelat pada buah tomat dengan perlakuan khamir lebih kecil dibandingkan pada kontrol (Tabel 5). Perlakuan khamir pada buah tomat menyebabkan penekanan

penyakit bercak cokelat berkisar antara 49,36%-62,18% (Tabel 5). Khamir *A. pullulans* Dmg 11 DEP menyebabkan penekanan tertinggi terhadap penyakit bercak cokelat pada buah tomat (Tabel 5). Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan kemampuan khamir dalam menekan penyakit pascapanen. Franscesco *et al.* (2020) melaporkan bahwa khamir *A. pullulans* mampu menurunkan intensitas penyakit *gray mold* yang disebabkan oleh *Botrytis cinerea* pada buah tomat dan anggur sebesar 67%. Khamir *R. minuta* dilaporkan berpotensi dalam menekan patogen *Geotrichum citri-aurantii* pada buah jeruk (Ferraz *et al.*, 2016). Zhimo *et al.* (2017) melaporkan bahwa khamir *C. tropicalis* efektif dalam menekan *Colletotrichum musae* penyebab antraknosa pada buah pisang sebesar 96%. Khamir juga dapat memperpanjang umur simpan atau menunda kematangan buah pascapanen (Alsoufi & Aziz, 2017). Pada percobaan ini, buah tomat yang diberi perlakuan khamir tidak cepat membusuk dibandingkan dengan kontrol. Menurut Jumawati dkk. (2018) mekanisme tersebut terjadi karena aktivitas enzim ACC deaminase yang dapat menunda kematangan serta busuk buah dengan menekan produksi etilen. Pada penelitian sebelumnya, telah diketahui bahwa khamir *C. tropicalis* LM 13 BE dan *A. pullulans* Dmg 11 DEP mampu memproduksi enzim ACC deaminase sehingga dapat menekan penyakit antraknosa pada buah cabai (Hartati *et al.*, 2015).



Gambar 8. Gejala bercak cokelat pada buah tomat pada 7 HSP dengan perlakuan (a) *A. pullulans* Dmg 11 DEP; (b) *C. tropicalis* Lm 13 BE; (c) *R. minuta* Dmg 16 BEP; (d) fungisida; (e) kontrol.

Tabel 5. Diameter gejala dan persentase penekanan penyakit bercak cokelat dengan perlakuan khamir pada buah tomat pada 7 HSP

Perlakuan	Diameter gejala (cm)	Penekanan Penyakit (%)
<i>Aureobasidium pullulans</i> , Dmg 11 DEP	0,59 a	62,18
<i>Candida tropicalis</i> , Lm 13 BE	0,73 b	53,21
<i>Rhodotorula minuta</i> , Dmg 16 BEP	0,79 b	49,36
Fungisida	0,54 a	63,38
Kontrol	1,56 c	-

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama dalam satu kolom tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan pada taraf 5%.

Hasil pengujian baik *in vitro* maupun *in vivo* menunjukkan adanya kemampuan ketiga khamir yang diuji dalam menghambat pertumbuhan *A. solani* maupun menekan penyakit bercak cokelat. Kemampuan khamir tersebut diduga disebabkan oleh adanya kombinasi dari beberapa mekanisme seperti antibiosis, hiperparasitisme, kompetisi ruang dan nutrisi, dan induksi resistensi. Hal ini disebabkan oleh kemampuan khamir dalam menghasilkan enzim, toksin, dan senyawa volatil yang mendukung adanya mekanisme antibiosis (Prasongsuk *et al.*, 2018; Cai *et al.*, 2023; Di Francesco *et al.*, 2020). Selain itu, adanya mekanisme kompetisi ruang dan nutrisi, hiperparasitisme, dan induksi resistensi yang dihasilkan oleh khamir (Freimoser *et al.*, 2019) juga mendukung kemampuan ketiga khamir yang diuji untuk menekan penyakit bercak cokelat pada tanaman dan buah tomat. Mekanisme kompetisi ruang dan nutrisi biasanya ditunjukkan dengan adanya kolonisasi luka pada jaringan tanaman oleh sel khamir yang lebih cepat dibandingkan patogen (Freimoser *et al.*, 2019). Hal ini menyebabkan tingkat hambatan relatif pada uji *in vivo* di tanaman dan buah tomat pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan uji *in vitro*. Mekanisme lain yang dapat terjadi yaitu adanya induksi resistensi tanaman terhadap penyakit. Sel khamir dan senyawa metabolit yang dihasilkannya telah dilaporkan mampu menginduksi ketahanan tanaman terhadap beberapa penyakit (Freimoser *et al.*, 2019). Mari *et al.* (2012) melaporkan bahwa khamir *A. pullulans* dapat menginduksi

resistensi buah apel terhadap *B. cinerea*, *C. acutatum* dan *Penicillium expansum*. Khamir *Rhodotorula* sp. dilaporkan mampu menginduksi resistensi tanaman kentang terhadap serangan virus Y (Al-Ani, 2013). Khamir *R. minuta* Dmg 16 BEP dilaporkan mampu menghasilkan mekanisme induksi resistensi pada tanaman cabai yang dapat menekan penyakit antraknosa (Hartati dkk., 2019).

Hasil percobaan *in vivo* secara keseluruhan menunjukkan bahwa khamir *A. pullulans* Dmg 11 DEP mampu menekan penyakit bercak cokelat pada tanaman dan buah tomat tidak berbeda nyata dengan perlakuan fungisida. Khamir ini menunjukkan potensinya untuk dikembangkan sebagai agens biokontrol penyakit pada tanaman tomat, baik pada pertanaman maupun pada pascapanen buah tomat.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan dapat diambil simpulan bahwa khamir *A. pullulans* Dmg 11 DEP, *C. tropicalis* Lm 13 BE dan *R. minuta* Dmg 16 BEP mampu menghambat pertumbuhan *A. solani* secara *in vitro* dengan tingkat penghambatan tertinggi terjadi pada perlakuan *A. pullulans* Dmg 11 DEP sebesar 40,56%. Ketiga khamir yang diuji mampu menekan penyakit bercak cokelat pada tanaman dan buah tomat dengan tingkat penghambatan tertinggi terjadi pada perlakuan *A. pullulans* Dmg 11 DEP sebesar 75,29% pada tanaman tomat dan 68,72% pada buah tomat. Penelitian selanjutnya perlu dilakukan

untuk mengetahui mekanisme pengendalian ketiga khamir tersebut terhadap penyakit bercak cokelat dan pengujian di lapangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Padjadjaran melalui pembiayaan Hibah Riset UNPAD Tahun 2024 skema Academic Leadership Grant Prof. Tri Mayanti, no kontrak 1624/UN6.3.1/PT.00/2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhi, SR, and T Suganda. 2020. Potensi jamur rizosfer bawang merah dalam menekan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* penyebab penyakit busuk umbi bawang merah. Jurnal Kultivasi. 19(1): 1015-1022. DOI: 10.24198/kultivasi.v19i1.22877
- Agirman, B, and H Erten. 2020. Biocontrol ability and action mechanisms of *Aureobasidium pullulans* GE17 and *Meyerozyma guilliermondii* KL3 against *Penicillium digitatum* DSM2750 and *Penicillium expansum* DSM62841 causing postharvest diseases. Yeast. 37(9-10): 437-448. DOI: 10.1002/yea.3501
- Al-Ani, R, MA Adhab, dan O Matny. 2013. Management of potato virus Y (PVY) in potato by some biocontrol agents under field conditions. Journal of Pure and Applied Microbiology. 7(4): 2861-2865
- Alsoufi, MA, and RA Aziz. 2017. Extending shelf life of fruits by using some microorganisms biological products. International Journal of Molecular Biology. 2: 141-144. DOI: 10.15406/ijmboa.2017.02.00032
- Arrarte, E, G Garmendia, C Rossini, M Wisniewski, S Vero. 2017. Volatile organic compounds produced by Antarctic strains of *Candida sake* play a role in the control of postharvest pathogens of apples. Biological Control. 109: 14-20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.03.002>
- Banani, H, D Spadaro, D Zhang, S Matic, A Garibaldi, ML Gullino. 2014. Biocontrol activity of an alkaline serine protease from *Aureobasidium pullulans* expressed in *Pichia pastoris* against four postharvest pathogens on apple. International Journal Food Microbiology. 182: 1-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.05.001>
- BPS. 2022. Produksi Tanaman Sayuran 2021. Tersedia online pada: <https://www.bps.go.id/indicator/55/61/1/produksi-tanaman-sayuran.html> (diakses tanggal 20 Juli 2022).
- BPS. 2023. Produksi Tanaman Sayuran 2022. Tersedia online pada: <https://www.bps.go.id/en/statistics-table/3/ZUhFd1JtZzJWVWpqWTJsV05XTllhVmhrSszFoNFFUMDkjMw==/produksi-tanaman-sayuran-menurut-provinsi-dan-jenis-tanaman--2021.html> (diakses tanggal 20 Juli 2022).
- Cai, T, P Shi, S Zhang, W Xiang, J Liu, Z Lin, and J Tang. 2023. Inhibition of *perilla frutescens* essential oil on pellicle formation of *Candida tropicalis* and *Pichia kluyveri* and its effect on volatile compounds in sichuan pickles. Foods. 12(8): 1593. DOI: 10.3390/foods12081593
- Calderon, CE, N Rotem, R Harris, D Vela-Corcia, M Levy. 2019. *Pseudozyma aphidis* activates reactive oxygen species production, programmed cell death and morphological alterations in the necrotrophic fungus *Botrytis cinerea*. Molecular Plant Pathology. 20: 562-574. DOI: <https://doi.org/10.1111/mpp.12775>
- Campbell, LC, and VL Madden. 1990. Introduction Plant Disease Epidemiology. John Wiley and Son. USA. 532 p.
- Chioderoli, CA, LMM De Mello, PJ Grigolli, JOR Da Silva, and AL Cesarin. 2010. Consortium of pasture with fall corn in no tillage under center pivot. Engenharia Agrícola. 30(6):1101-1109. DOI: 10.1590/S0100-69162010000600011
- De Miccolis, ARM, C Rotolo, D Gerin, D Abate, S Pollastro, F Faretra. 2019. Global transcriptome analysis and diferentially expressed genes in grapevine after application of the yeast derived defense inducer cerevisane. Pest Management Science. 75: 2020 - 2033. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.5317>
- Dhami, MK, T Hartwig, T Fukami. 2016. Genetic basis of priority effects: insights from nectar yeast. Proceedings Biological Sciences. 283: 20161455. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.1455>
- Dhaval, P, PP Shete, M Faraaz, and D Dholu. 2021. Early blight (*Alternaria solani*) etiology, morphology, epidemiology and management

- of tomato: Review article: The Pharma Innovation Journal. 10(5): 1423-1428.
- Díaz, MA, MM Pereyra, E Picón-Montenegro, F Meinhardt, and JR Dib. 2020. Review: Killer yeasts for the biological control of postharvest fungal crop diseases. *Microorganisms*. 8(1680): 1-14. DOI: 10.3390/microorganisms8111680
- Di Francesco, A, L Ugolini, L Lazzeri, and M Mari. 2015. Production of volatile organic compounds by *Aureobasidium pullulans* as a potential mechanism of action against postharvest fruit pathogens. *Biological Control*. 81(2): 8-14. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2014.10.004
- Di Francesco, A, J Zajc, N Gunde-Cimerman, E Aprea, F Gasperi, N Placi, F Caruso, and E Baraldi. 2020. Bioactivity of volatile organic compounds by *Aureobasidium* species against gray mold of tomato and table grape. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 36(11): 171. DOI: 10.1007/s11274-020-02947-7.
- Don, SMY, LM Schmidtke, JM Gambetta, and CC Steel. 2021. Volatile organic compounds produced by *Aureobasidium pullulans* induce electrolyte loss and oxidative stress in *Botrytis cinerea* and *Alternaria alternata*. *Research in Microbiology*. 172(1): 103788. DOI: 10.1016/j.resmic.2020.10.003
- Dwiastuti, ME, L Soesanto, TG Aji, NF Devy, and Hardiyanto. 2021. Biological control strategy for postharvest diseases of citrus, apples, grapes and strawberries fruits and application in Indonesia. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. 31: 141. DOI: 10.1186/s41938-021-00488-1
- El-Tarabily, KA, and K Sivasithamparan. 2006. Potential of yeasts as biocontrol agents of soil-borne fungal plant pathogens and as plant growth promoters. *Mycoscience*. 47(1): 25-35. DOI: 10.1007/s10267-005-0268-2
- Fahriani, U, and S Wiyono. 2018. Seleksi khamir antagonis sebagai agens biokontrol penyakit bercak daun *Cercospora* pada anggrek *dendrobium*. *Horticulturae Journal*. 2(2): 46-53. DOI: <http://dx.doi.org/10.29244/chj.2.2.46-53>
- Ferraz, LP, T da Cunha, AC da Silva, and KC Kupper. 2016. Biocontrol ability and putative mode of action of yeasts against *Geotrichum citri-aurantii* in citrus fruit. *Microbiological Research*. 4(12): 1-28. DOI: 10.1016/j.micres.2016.04.012
- Francesco, A, M Di Foggia, and E Baraldi. 2020. *Aureobasidium pullulans* volatil organic compounds as alternative postharvest method to control brown rot of stone fruits. *Food Microbiology*. 87: 103-395. DOI: 10.1016/j.fm.2019.103395
- Freimoser, FM, MP Rueda-Mejia, B Tilocca, and Q Migheli. 2019. Biocontrol yeasts: mechanisms and applications. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 35: 154. DOI: 10.1007/s11274-019-2728-4
- Gothandapani, S, G Boopalakrishnan, N Prabhakaran, BS Chethana, M Aravindhan, M Saravanakumar, G Ganesan. 2014. Evaluation of entomopathogenic fungus against *Alternaria porri* (Ellis) causing purple blotch disease of onion. *Phytopathology and Plant Protection*. 48: 135-144. DOI: 10.1080/03235408.2014.884532
- Gulzar, N, AN Kamili, and MY Mir. 2018. The process of early blight disease development in tomato. *Journal of Research & Development*. 18: 112-115.
- Hartati, S, S Wiyono, SH Hidayat, and MS Sinaga. 2015. Mode of action of yeast-like fungus *Aureobasidium pullulans* in controlling anthracnose of postharvest chili. *International Journal of Sciences Basic and Applied Research*. 20(2): 253-263.
- Hartati, S, L Tarina, E Yulia, and L Djaya. 2019. Induksi resistensi dengan *Rhodotorula minuta* untuk mengendalikan antraknosa (*Colletotrichum acutatum* JH Simmonds) pada tanaman cabai. *Agrikultura*. 30(3): 91-99. DOI: 10.24198/agrikultura.v30i3.24874
- Hartati, S, ED Utari, S Rasiska, and N Istifadah. 2022. Capability of three yeast species in suppressing green mold (*Penicillium digitatum*) on siam citrus fruit (*Citrus nobilis*). *Cropsaver-Journal of Plant Protection*. 5(2): 61-70. DOI: 10.24198/cropsaver.v5i2.42173
- Hendriadi A, S Sulistiyorini, and MR Devilana. 2021. Pesticides residues in fresh food of plant origin: case study in Indonesia. *Agrivita Journal of Agricultural Science*. 43:285-299. DOI: 10.17503/agrivita.v43i2.2570
- Indratmi, D. 2018. Biological control of chili anthracnose disease with *Rhodotorula* spp. *Proceedings of the International Conference on Food, Agriculture and Natural Resources*

- (FANRes 2018). Series of Agriculture and Natural Resources. Pp 112-116. DOI: <http://dx.doi.org/10.2991/fanres-18.2018.22>
- Istifadah, N, PG Novilaressa, F Widiyanti, and S Hartati. 2020. Keefektifan bakteri dan khamir asal air rendaman kompos dalam menekan perkembangan penyakit bercak cokelat (*Alternaria solani* Sacc.) pada tomat. Jurnal Agrikultura. 31(1): 52-60. DOI: 10.24198/agrikultura.v31i1.26876
- Janisiewicz, WJ, and L Korsten. 2002. Biological control of postharvest diseases of fruits. Annual Review of Phytopathology. 40:411-41. DOI: 10.1146/annurev.phyto.40.120401.130158
- Jones, RW, and F Perez. 2023. Differential plant response to toxins and elicitor proteins released by the potato and tomato pathogens *Alternaria solani* and *Alternaria alternata*. Journal of Plant Pathology. 105:21-28. DOI: 10.1007/s42161-022-01286-w
- Jumawati, R, R Poerwanto, S Wiyono, and K Suketi. 2018. Pengaruh beberapa khamir antagonis terhadap penyakit antraknosa dan umur simpan pada buah mangga. Jurnal Fitopatologi Indonesia. 14(5): 153-153. DOI: 10.14692/jfi.14.5.153
- Junnaeni, E Mahati, dan N Maharan. 2019. Ekstrak tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) menurunkan kadar glutathione darah tikus wistar hiperurisemia. Jurnal Kedokteran Diponegoro. 8(2): 758-767.
- Kalay, AM, J Patty, dan M Sinay. 2015. Perkembangan *Alternaria solani* pada tiga varietas tanaman tomat. Agrikultura. 26(1): 1-6. DOI: 10.24198/agrikultura.v26i1.8455
- Lestari, MD, K Suketi, WD Widodo, S Wiyono. 2020. Pemanfaatan khamir antagonis untuk memperpanjang umur simpan dan mengendalikan penyakit antraknosa buah pepaya. Jurnal Agronomi Indonesia. 48(3): 300-306. DOI: 10.24831/jai.v48i3.32167
- Li, B, H Peng, S Tian. 2016. Attachment capability of antagonistic yeast *Rhodotorula glutinis* to *Botrytis cinerea* contributes to biocontrol efficacy. Frontiers in Microbiology. 7(601): 1-9. DOI: 10.3389/fmicb.2016.00601
- Maknunah, J, dan MS Sinaga. 2018. Eksplorasi dan karakterisasi khamir dan bakteri sebagai agens antagonis terhadap penyebab penyakit blas pada padi. Jurnal Fitopatologi Indonesia. 14(3): 83-88. DOI: 10.14692/jfi.14.3.83
- Mari, M, C, Martini, A Spadoni, W Rouissi, P Bertolini. 2012. Biocontrol of apple postharvest decay by *Aureobasidium pullulans*. Journal Postharvest Biology and Technology 73: 56-62. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2012.05.014
- Mewa-Ngongang, M, DW Du Plessis, SKO Ntwampe, BS Chidi, UF Hutchinson, L Mekuto, and NP Jolly. 2019. The use of *Candida pyralidae* and *Pichia kluyveri* to control spoilage microorganisms of raw fruits used for beverage production. Foods. 8(10): 454. DOI: 10.3390/foods8100454
- Nasahi, C, AR Yusuf, S Hartati, D Kurniadie, and SN Subekti-Putri. 2023. Yeast potential in controlling *Aspergillus* sp. causing fruit rot disease in dekopon oranges (*Citrus reticulata* 'Shiranui'). Research on Crops. 24(2): 407-415. DOI: 10.31830/2348-7542.2023.ROC-922
- Pinto, C., Custódio, V., Nunes, M., Songy, A., Rabenoelina, F., Courteaux, B., & Fontaine, F. 2018. Understand the potential role of *Aureobasidium pullulans*, a resident microorganism from grapevine, to prevent the infection caused by *Diplodia seriata*. Frontiers in Microbiology. 9: 3047. DOI: 10.3389/fmicb.2018.03047
- Podgórska-Kryszczuk, I. 2023. Biological control of *Aspergillus flavus* by the yeast *Aureobasidium pullulans* in vitro and on tomato fruit. Plants. 12(2): 236. DOI: 10.3390/plants12020236
- Prasongsuk, S, P Lotrakul, I Ali, W Bankeeree, and H Punnapayak. 2018. The current status of *Aureobasidium pullulans* in biotechnology. Folia Microbiologica. 63: 129-140. DOI: 10.1007/s12223-017-0561-4
- Tahir, HAS, Q Gu, H Wu, Y Niu, R Huo, and X Gao. 2017. *Bacillus* volatiles adversely affect the physiology and ultra-structure of *Ralstonia solanacearum* and induce systemic resistance in tobacco against bacterial wilt. Scientific Reports. 7: 1-15. DOI: 10.1038/srep40481
- Tongsri, V., Sanosomneng, K., Umrung, S., & Montri, N. 2022. Antagonistic activity of *Candida utilis* SCKU1 yeast against crown rot disease of Hom Thong banana (*Musa acuminata*, AAA group). International Journal of Agricultural Technology 18(4): 1867-1868
- Urbina, CT, VG Prieto, CG Lopez, FV Albores, DB Reyes, CA Muniz, and DO Barrios. 2016. Purification and characterization of b-1,3-glucanase from *Candida Oleophila* for the

- biocontrol of *Penicillium expansum*. Research & Reviews: Journal of Botanical Sciences. 5 (1): 38-45.
- Zheng, W, BS Campbell, BM McDougall, and RJ Seviour. 2008. Effects of melanin on the accumulation of exopolysaccharides by *Aureobasidium pullulans* grown on nitrate. Bioresource Technology. 99(16): 7480-7486. DOI: 10.1016/j.biortech.2008.02.016
- Zhimo VY, D Dilip , J Sten, VK Ravat, DD Bhutia, B Panja, and J Saha. 2017. Antagonistic Yeasts for Biocontrol of the Banana Postharvest Anthracnose Pathogen *Colletotrichum musae*. Journal Phytopathology. 165(1): 35–43. DOI: <https://doi.org/10.1111/jph.1253>
- Zhou, J, K Xiong, Y Yang, X Ye, J Liu, and F Li. 2015. Deleterious effects of benomyl and carbendazim on human placental trophoblast cells. Reproductive Toxicology. 51: 64-71. DOI: 10.1016/j.reprotox.2014.12.008